**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

**ИЗУЧЕНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ СПИРАЛЬНОЙ ПРУЖИНЫ И ТОНКОЙ ПЛАСТИНЫ**

*Поляков Даниил, Б07-ФЗ*

**Цель работы:** исследование упругих свойств спиральной пружины и тонкой пластины, ознакомление с такими видами деформации, как растяжение и изгиб, а также с разными видами нагрузок (статическими и динамическими), расчёт характеристик систем (модуль сдвига, модуль Юнга).

**Оборудование:**

* Штангенциркуль с нониусом;
* Микрометр;
* Рулетка;
* Штативы с лапкой и указателями;
* Две пружины различного радиуса;
* Набор грузов 50 г;
* Металлическая пластина.

**Расчётные формулы:**

* Коэффициент жёсткости пружины:

– масса груза;

– ускорение свободного падения;

– удлинение пружины.

* Период колебаний груза на пружине:

– масса груза;

– коэффициент жёсткости пружины.

* Модуль сдвига материала проволоки:

– коэффициент жёсткости пружины;

– радиус пружины;

– число витков пружины;

– радиус проволоки.

* Величина прогиба пластины:

– масса груза;

– ускорение свободного падения;

– длина рабочей части пластины;

– модуль Юнга;

– геометрический момент инерции.

* Геометрический момент инерции пластины:

– ширина пластины;

– толщина пластины.

* Формулы для вычисления погрешностей:
  + Абсолютная погрешность прямых измерений:

где:

n – количество измерений;

– приборная погрешность;

t – коэффициент Стьюдента.

* + Абсолютная погрешность косвенных измерений:

**Метод измерения**

1. Измерим параметры изучаемых пружин. Микрометром измерим диаметры проволок пружин и . Вручную сосчитаем число витков и . С помощью штангенциркуля измерим диаметры пружин и .
2. Измерим толщину пластины микрометром и ее ширину штангенциркулем.
3. Измерим удлинение пружин при подвешивании грузов. Подвесим пружину за стержень на штативе, на втором штативе закрепим 2 указателя. Одним указателем отметим положение нижнего края пружины без нагрузки, а вторым – положение нижнего края пружины после ее растягивания под действием груза. Расстояние между ними и измерим штангенциркулем (до 15 см, при значениях больше 15 см воспользуемся рулеткой).
4. Измерим периоды колебаний пружин с грузами и с помощью секундомера. Слегка растянем пружину, чтобы она начала колебаться. Измерим время, за которое пружина совершает 20 колебаний.
5. Измерим изгиб пластины при различных и . Закрепим пластину в лапке (между дополнительными пластинками, во избежание деформации пластины в месте закрепления) таким образом, чтобы расстояние от края пластины, к которому подвешиваются грузы до лапки равнялось (воспользуемся рулеткой). Закрепим два указателя на втором штативе. Одним указателем отметим положение края пластины без нагрузки, вторым – положение края пластины с грузами, которые с помощью ниток будем подвешивать за отверстие на пластине. Снимем расстояние между указателями с помощью штангенциркуля.

**Таблицы и обработка данных**

Формулы для вычисления погрешностей указаны выше в пункте «Расчётные формулы». Во всех случаях коэффициент Стьюдента t при n=4, α=0.68 равен 1.3.

Цена деления штангенциркуля равна 0.05 мм, микрометра – 0.01 мм, рулетки – 1 мм. Для этих приборов приборная погрешность равна половине цены деления.

Масса каждого груза равна 50.0 ± 0.2 г.

Коэффициенты наклона графиков (и их погрешности) каждой прямой зависимости найдём по методу наименьших квадратов.

Ускорение свободного падения g принято за 9.85 м/с2.

*Параметры 1-ой пружины*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | , мм |  | , мм |
| 1 | 0.88 | 73 | 20.45 |
| 2 | 0.90 | 20.40 |
| 3 | 0.90 | 20.45 |
| 4 | 0.90 | 20.45 |
| 5 | 1.03 | 20.25 |
| **Среднее** | **0.92** | 73 | **20.40** |
|  | 0.04 | - | 0.06 |

*Параметры 2-ой пружины*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | , мм |  | , мм |
| 1 | 0.89 | 73 | 15.25 |
| 2 | 0.91 | 15.25 |
| 3 | 0.89 | 15.20 |
| 4 | 0.90 | 15.35 |
| 5 | 0.89 | 15.15 |
| **Среднее** | **0.90** | 73 | **15.24** |
|  | 0.01 | - | 0.05 |

*Параметры пластины*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | , мм | , мм |
| 1 | 0.39 | 25.05 |
| 2 | 0.41 | 25.05 |
| 3 | 0.40 | 25.05 |
| 4 | 0.43 | 25.05 |
| 5 | 0.41 | 25.05 |
| **Среднее** | **0.41** | **25.05** |
|  | 0.01 | 0.03 |

Найдём геометрический момент инерции пластины:

***Определение коэффициента жёсткости пружины статическим методом***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| , мм | , мм | , г |
| 37.60 | 17.05 | 50 |
| 83.15 | 35.60 | 100 |
| 126.45 | 53.00 | 150 |
| 172 | 70.75 | 200 |
| - | 89.35 | 250 |

Построим графики зависимости . Зависимость выражается формулой:

*Пружина №1*

**

*Пружина №2*



***Определение коэффициента жёсткости пружины динамическим методом***

Приборная погрешность секундомера принята за 0.05 с (половина цены деления).

При построении графиков зависимости зависимость выражается формулой:

Пружина №1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | , г | , с | , с | , с | , с | , с | , с2 | , с2 |
| 20 | 50 | 9.3 | 9.2 | 0.1 | 0.46 | 0.01 | 0.21 | 0.01 |
| 9.1 |
| 9.3 |
| 100 | 12.3 | 12.4 | 0.1 | 0.622 | 0.006 | 0.399 | 0.008 |
| 12.4 |
| 12.6 |
| 150 | 15.0 | 14.9 | 0.1 | 0.747 | 0.005 | 0.558 | 0.007 |
| 14.8 |
| 15.0 |
| 200 | 17.4 | 17.3 | 0.1 | 0.867 | 0.003 | 0.751 | 0.006 |
| 17.3 |
| 17.3 |



*Пружина №2*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | , г | , с | , с | , с | , с | , с | , с2 | , с2 |
| 20 | 50 | 6.5 | 6.6 | 0.1 | 0.33 | 0.01 | 0.11 | 0.01 |
| 6.7 |
| 6.5 |
| 100 | 7.9 | 7.8 | 0.1 | 0.39 | 0.01 | 0.15 | 0.01 |
| 7.6 |
| 7.9 |
| 150 | 9.7 | 9.6 | 0.1 | 0.48 | 0.01 | 0.23 | 0.01 |
| 9.6 |
| 9.6 |
| 200 | 11.1 | 11.1 | 0.1 | 0.553 | 0.003 | 0.306 | 0.004 |
| 11.0 |
| 11.1 |
| 250 | 12.3 | 12.2 | 0.1 | 0.612 | 0.005 | 0.374 | 0.006 |
| 12.1 |
| 12.3 |



*Анализ результатов*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Пружина №1 | Пружина №2 |
| Статический метод |  |  |
|  |  |
| Динамический метод |  |  |
|  |  |

Результаты, полученные статическим методом, оказались точнее.

Материал, толщина проволоки и количество витков одинаковы для обеих пружин. Можно наблюдать обратную кубическую зависимость коэффициента жёсткости пружин от их диаметра, т.е. .

Аппроксимирующие прямые на графиках *l(m)* проходят ниже начала координат потому, что пружины обладают собственной массой, а при измерениях не учитывалось начальное растяжение пружины под её собственным весом. Аппроксимирующие прямые на графиках *T2(m)* проходят выше начала координат потому, что пружина обладает собственной массой, и соответственно будет быстро колебаться и при отсутствии грузов.

Полученный модуль сдвига примерно соответствует модулю сдвига стали (табличное значение равно 79.3 Гпа).

***Изучение деформации изгиба тонкой пластины***

*Таблица результатов зависимости f(m,l), см*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **, г**  **, см** | **50** | **100** | **150** |
| **5.0** | 0.160 | 0.230 | 0.380 |
| **7.5** | 0.300 | 0.610 | 0.905 |
| **10.0** | 0.700 | 1.400 | 2.015 |
| **12.5** | 1.265 | 2.585 | 3.680 |
| **15.0** | 2.160 | 4.330 | 6.035 |



*l=5 см*

*l=7.5 см*

*l=15 см*

*l=12.5 см*

*l=10 см*



Так как теоретически *f* зависит от куба *l*, изобразим зависимость *f(l3)* и найдём коэффициент наклона прямой.



*m=100 г*

*m=50 г*

*m=150 г*

*Таблица результатов зависимости (m,l)*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **, г**  **, см** | **50** | **100** | **150** |
| **5.0** | 0.032 | 0.046 | 0.076 |
| **7.5** | 0.040 | 0.081 | 0.121 |
| **10.0** | 0.07 | 0.14 | 0.202 |
| **12.5** | 0.101 | 0.207 | 0.294 |
| **15.0** | 0.144 | 0.289 | 0.402 |

В наших измерениях наибольший прогиб относительно длины пластины составил 40.2%. Для данной точки формула для величины прогиба пластины будет иметь погрешность в 5.3%.

Модуль Юнга будем находить из графиков *f(m):*

За погрешность *l* взята половина цены деления рулетки (0.5 мм).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **, см** | , | , Па |
| 5.0 | 0.022±0.005 | 20±5 |
| 7.5 | 0.0605±0.0009 | 25±2 |
| 10.0 | 0.132±0.005 | 27±2 |
| 12.5 | 0.242±0.013 | 28±3 |
| 15.0 | 0.39±0.03 | 30±3 |

*Анализ результатов*

Аппроксимирующие прямые зависимостей *f(m)* и *f(l­3)* проходят выше начала координат, что связано с тем, что пластины обладают собственной массой, и, соответственно, имеют малую величину начального изгиба, причём чем больше длина рабочей части пластины, тем выше график относительно начала координат. Из графика *f(m)* также видно, что при увеличении длины рабочей части пластины точки хуже описывают прямую, т.е. становится достаточно велико, и далее приближённая формула не работает.

Полученное значение модуля Юнга пластины примерно соответствует модулю Юнга стали (табличное значение равно 190—210 ГПа).